



**Cathodic Protection Workshop**

**Ancona, 23 Settembre 2022**

**PROVE DI LABORATORIO SU SONDE  
DI POTENZIALE DI VARIA FATTURA**



M. Ormellese, A. Brenna, S. Beretta

POLILAPP – Laboratorio di corrosione dei materiali – Politecnico di Milano

# EFFICACIA DI UN IMPIANTO DI PC

- Norma di riferimento ISO 15589-1

- General assessment

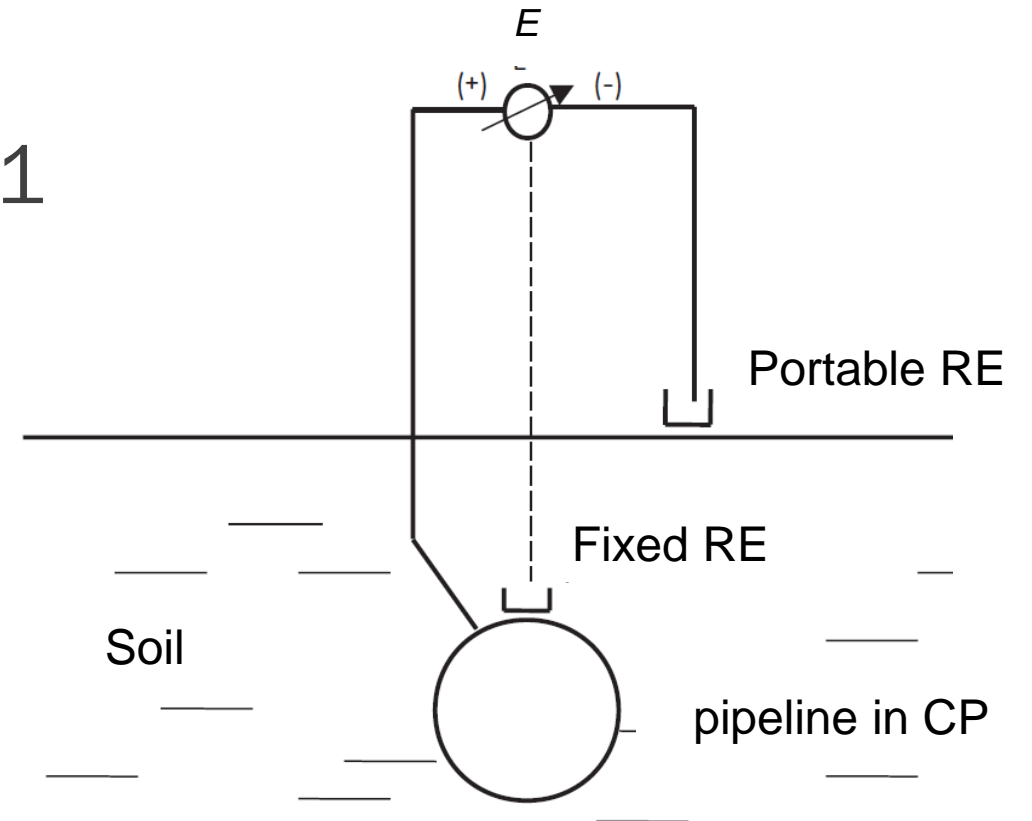
  - ON potential

- Detailed assessment

  - IR-free (EIR-free) potential

- $E_{ON} = E_{IR-free} + IR$

- $IR = \rho \cdot i \cdot d$



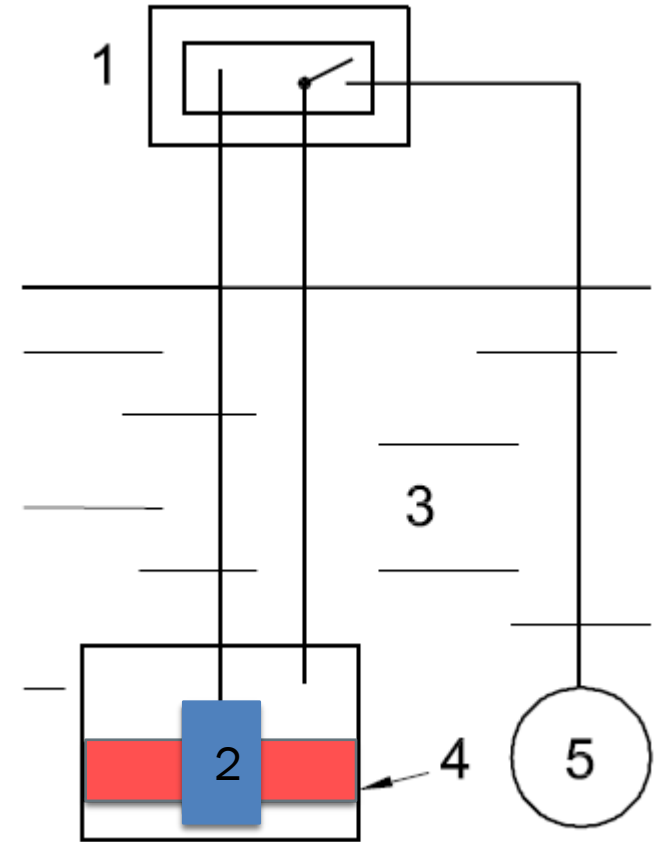
$$E_{IR-free} = E_{ON} - \rho \cdot i \cdot d < E_{prot}$$

## SONDE DI POTENZIALE

- Elettrodo di riferimento + coupon/s
- Eliminare (o ridurre) la caduta ohmica
- Presenza di interferenza
- Non richiede interruzione corrente
- Distanza ER-coupon (< 5 cm - UNI 11094)

$$E_{ON} = E_{IR-free} + \rho \cdot i \cdot d$$

$$d \rightarrow 0 \quad E_{ON} \approx E_{IR-free}$$



1 Test post

2 Reference electrode

3 Soil

4 Coupon

5 Tube

---

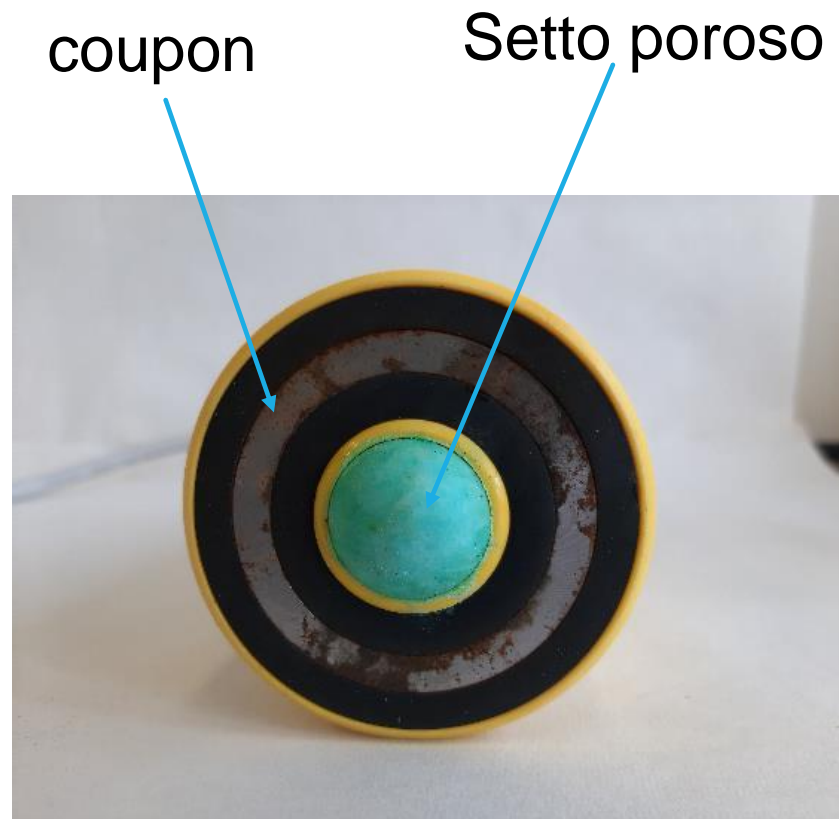
## SONDE DI POTENZIALE COMMERCIALI

- Valutare l'accuratezza nella misura del potenziale IR-free
  - Precisione della misura del potenziale
  - Valutazione della caduta ohmica residua
  - Stima della distanza equivalente

# SONDE DI POTENZIALE COMMERCIALI

## PROBE A

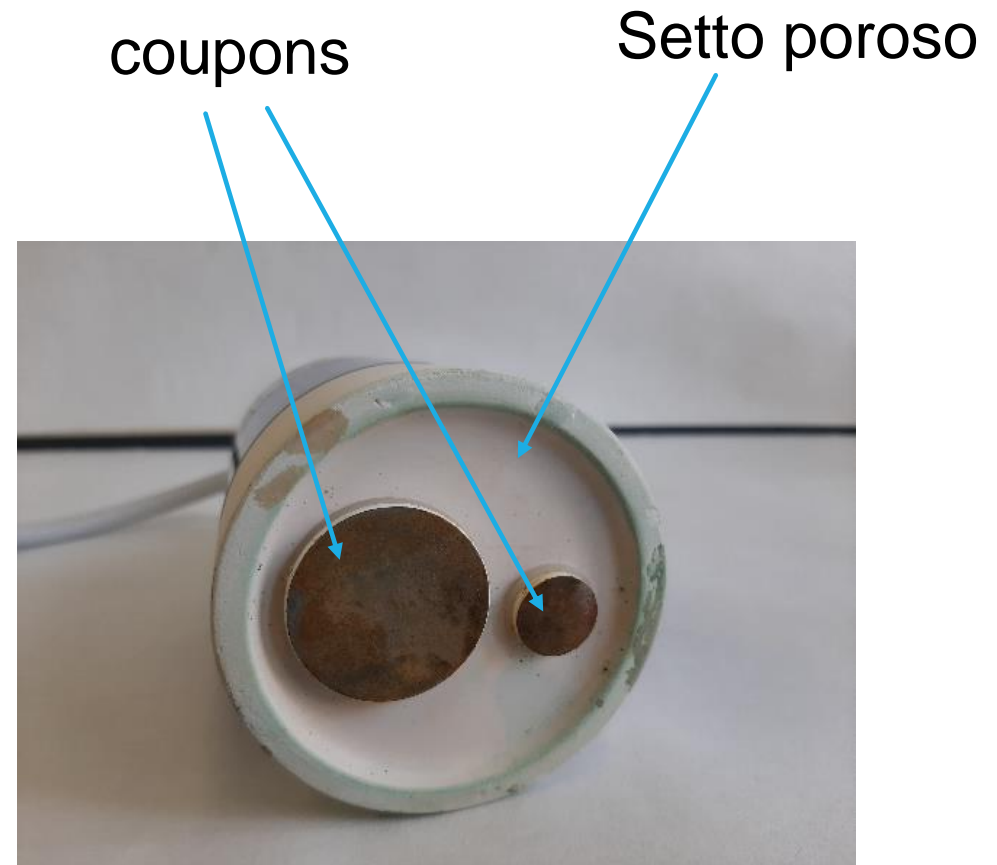
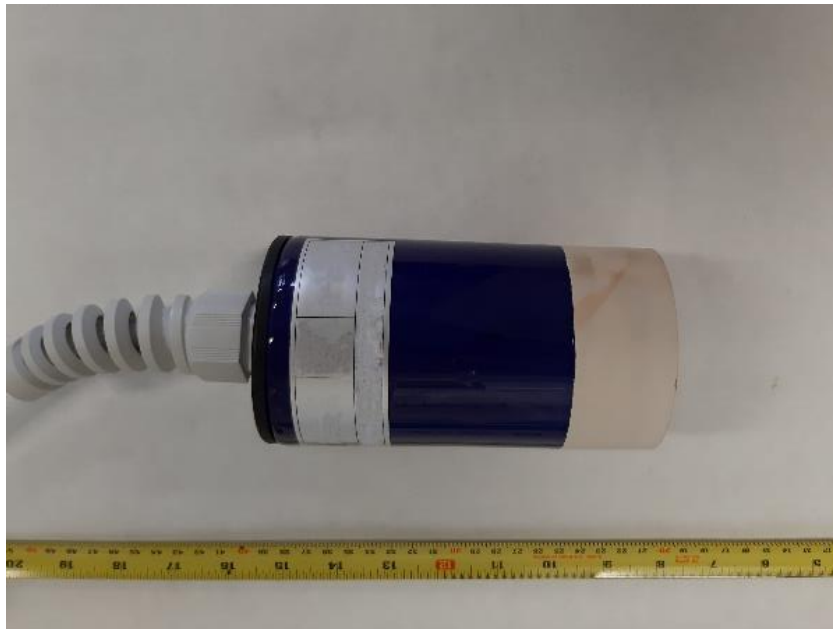
- ✓  $10 \text{ cm}^2$
- ✓ ER-coupon  $< 1 \text{ cm}$



# SONDE DI POTENZIALE COMMERCIALI

## PROBE B

- ✓  $2 \text{ cm}^2 - 10 \text{ cm}^2$
- ✓ ER-coupon  $< 1 \text{ cm}$



# SONDE DI POTENZIALE COMMERCIALI

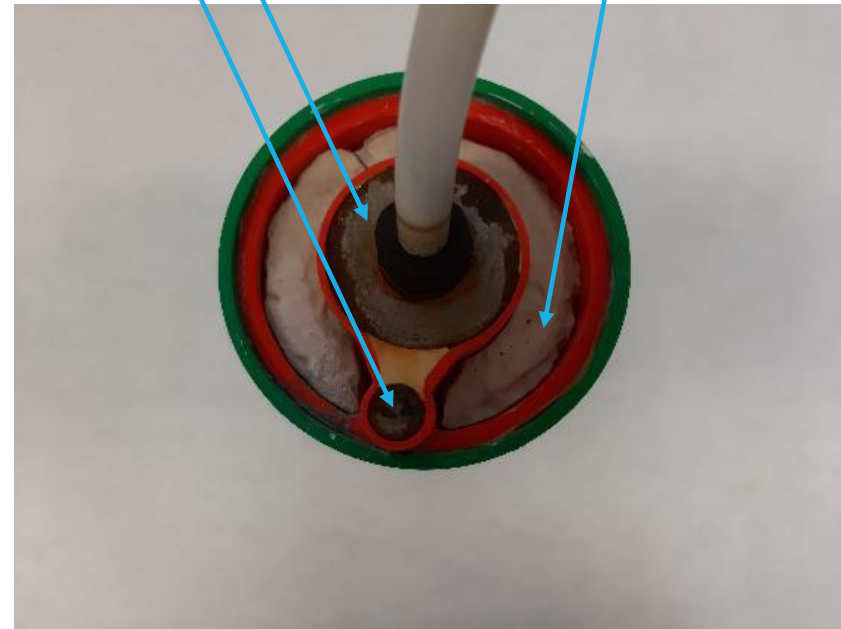
## PROBE C

- ✓ 1 cm<sup>2</sup> (AC) - 10 cm<sup>2</sup>
- ✓ ER-coupon 1 cm



coupons

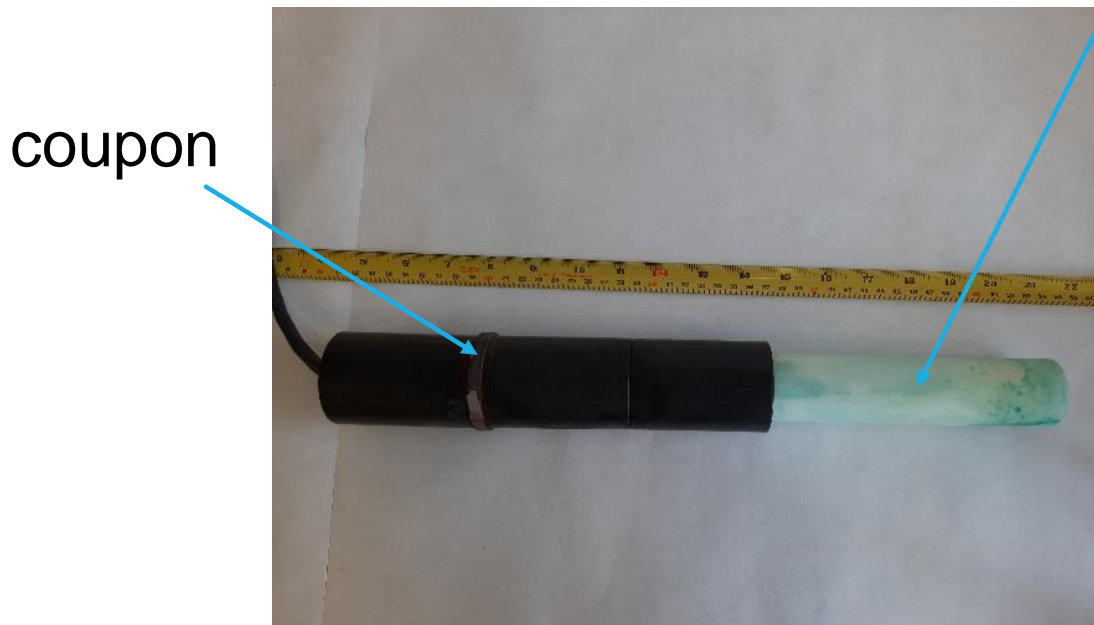
Setto poroso



# SONDE DI POTENZIALE COMMERCIALI

## PROBE D

- ✓ 10 cm<sup>2</sup>
- ✓ ER-coupon 15-23 cm

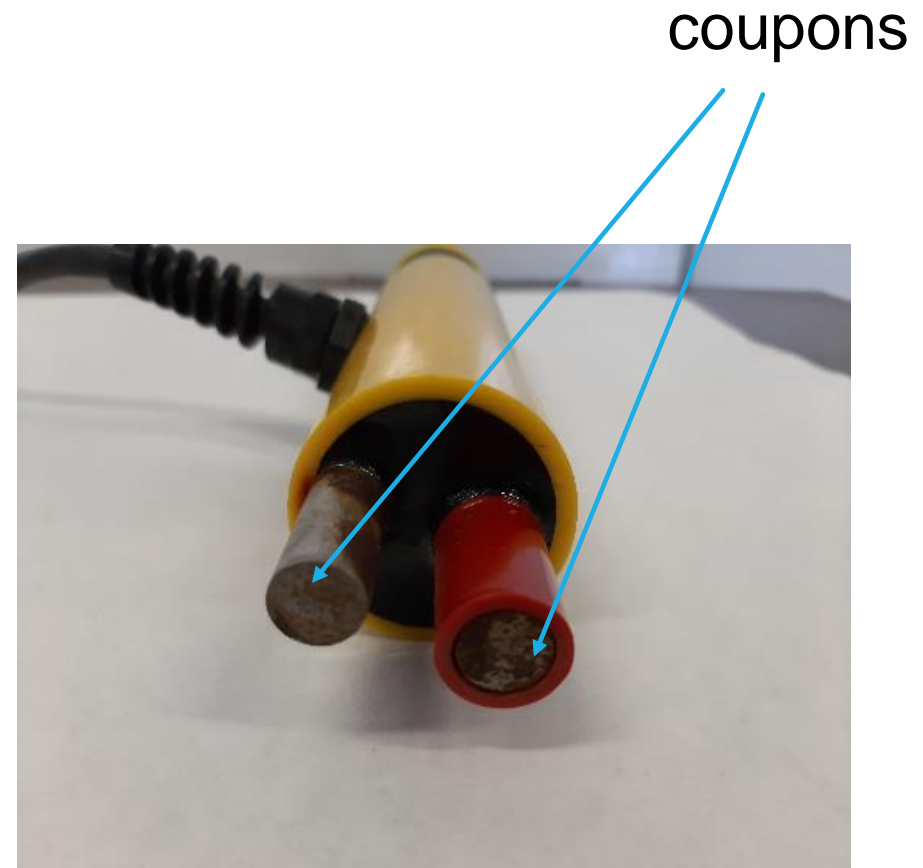




# SONDE DI POTENZIALE COMMERCIALI

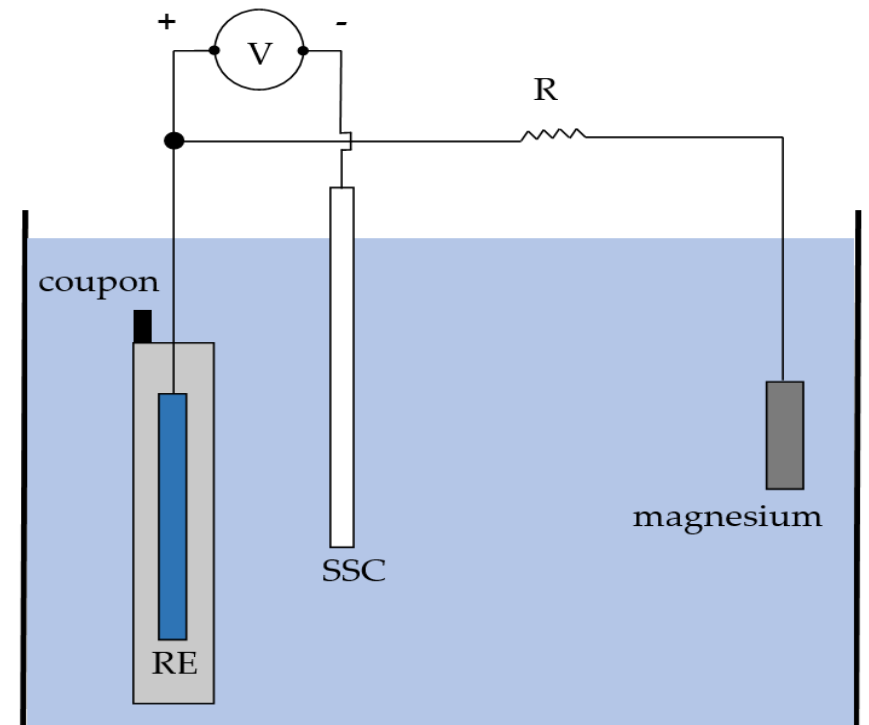
## PROBE E

- ✓ 1 cm<sup>2</sup> (AC) - 10 cm<sup>2</sup>
- ✓ ER-coupon 10-15 cm

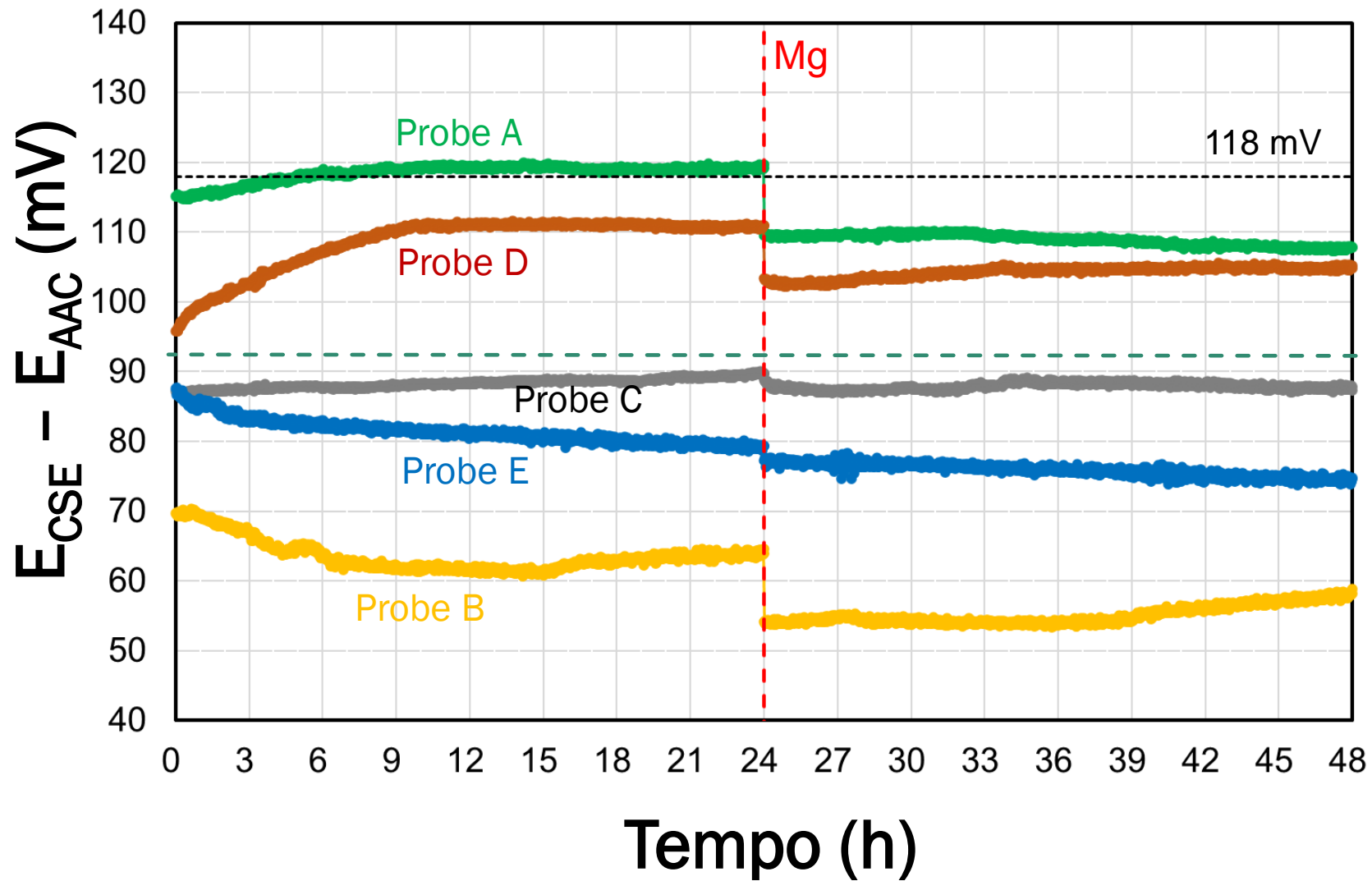


# STABILITÀ DEL POTENZIALE

- CSE interno senza connessione per 24 h
- CSE interno con connessione ad anodi di Mg per 24 h
- Misure rispetto a  $\text{Ag}/\text{AgCl}/\text{KCl}_{\text{sat}}$ 
  - valore atteso CSE-AAC = 118 mV
  - criterio di accettabilità  $\pm 20$  mV
- Soluzione:  $\rho = 100 \Omega \cdot \text{m}$

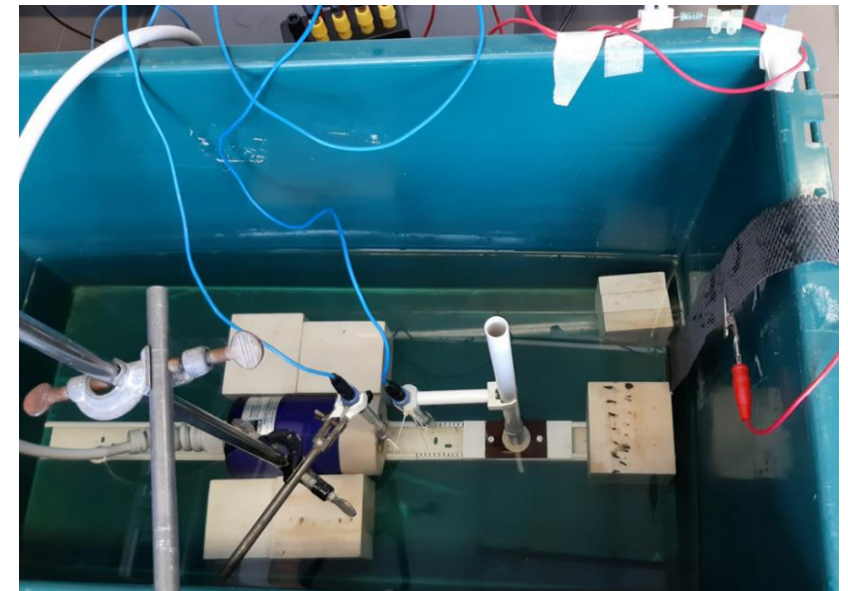
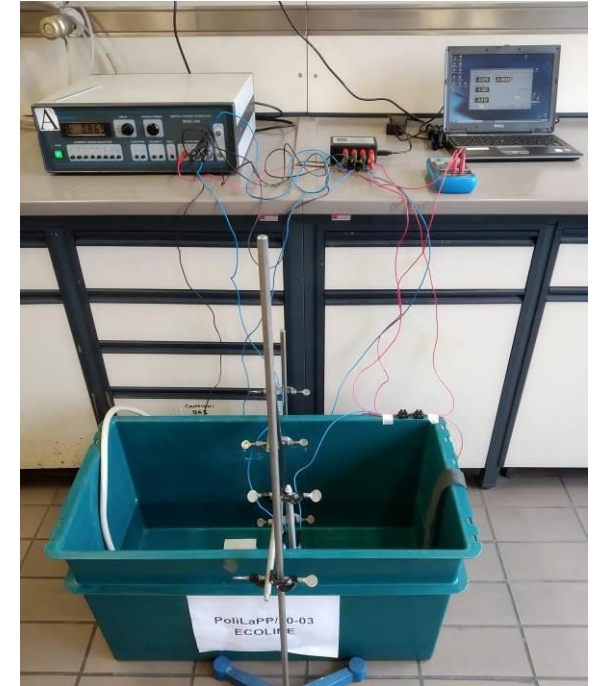


# STABILITÀ DEL POTENZIALE

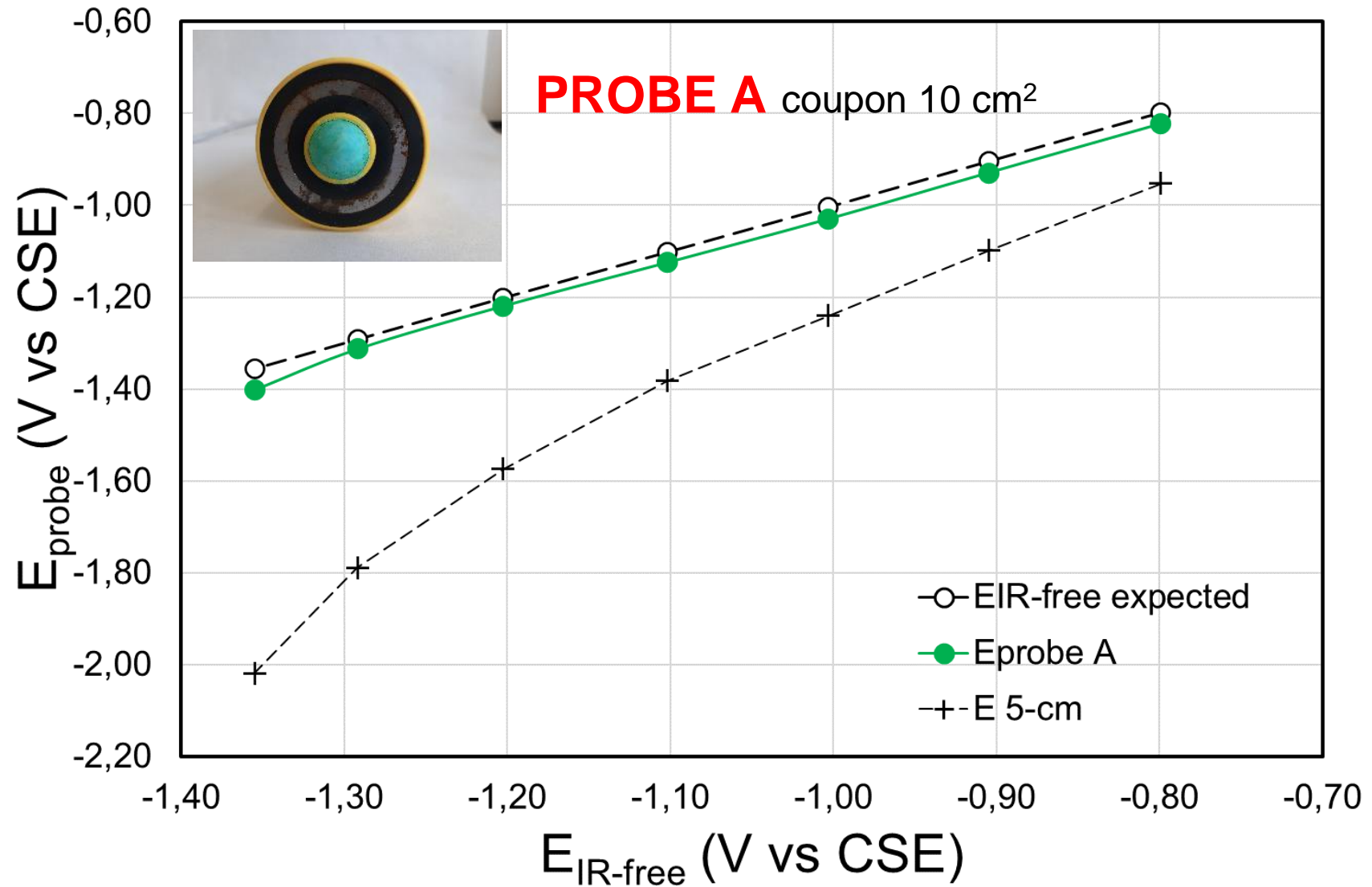


# MISURA CADUTA OHMICA RESIDUA

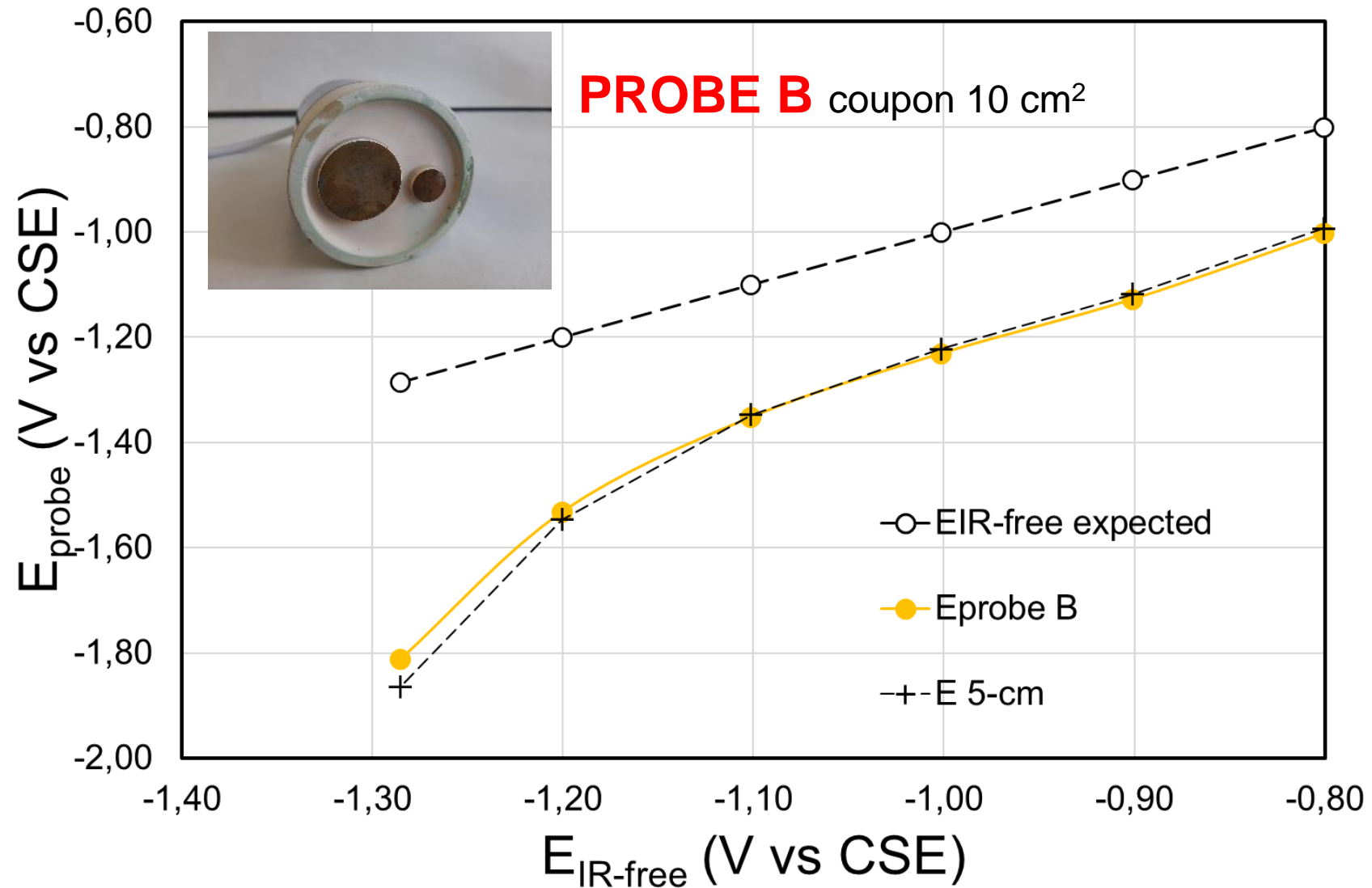
- ✓ PC a corrente impressa
- ✓ Potenziale costante
  - E da -0.8 a -1.3 V CSE
  - $i$  da 0.2 a 1-2 A/m<sup>2</sup>
- Soluzione:  $\rho = 100 \Omega \text{ m}$



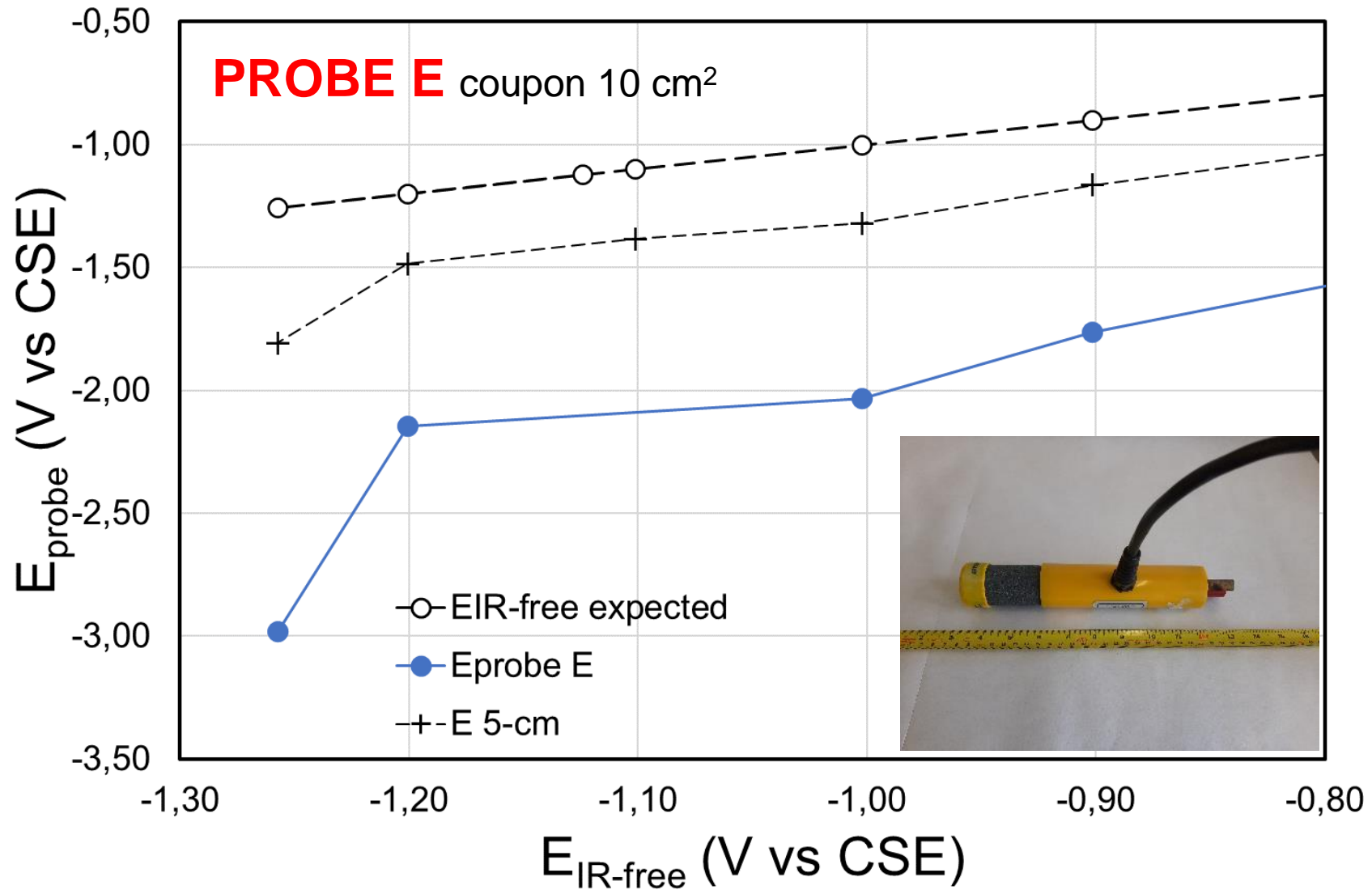
# MISURA CADUTA OHMICA RESIDUA



# MISURA CADUTA OHMICA RESIDUA

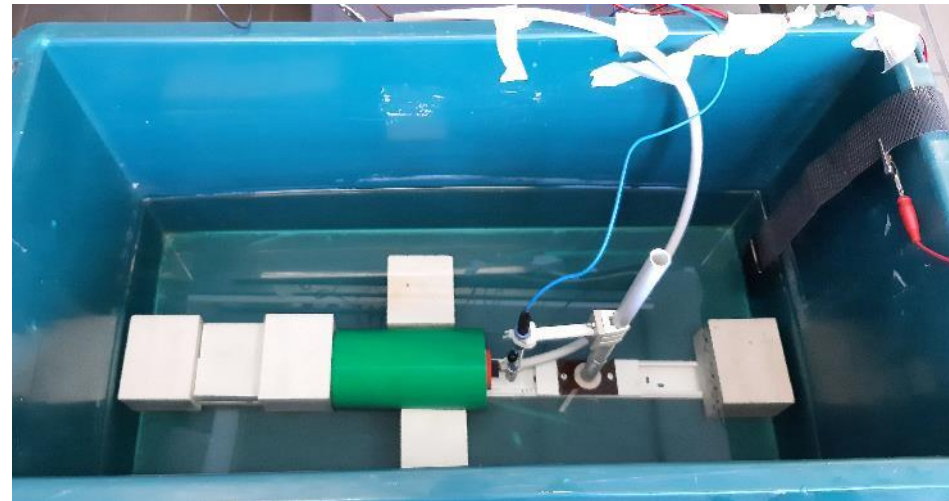


# MISURA CADUTA OHMICA RESIDUA



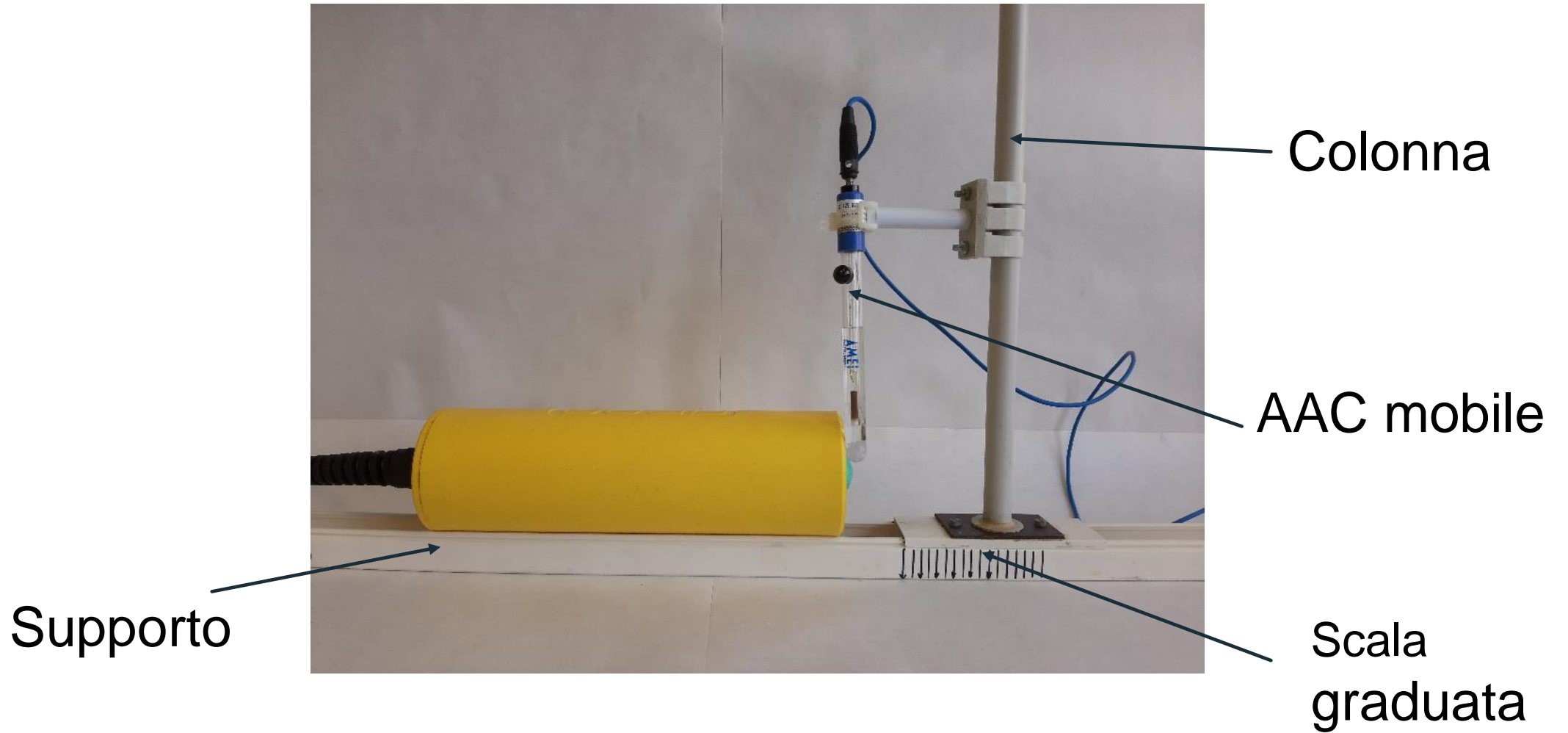
## STIMA DISTANZA EQUIVALENTE

- La **distanza equivalente** è la distanza dal provino a cui deve essere posizionato un elettrodo di riferimento esterno per misurare un potenziale uguale al potenziale fornito dalla sonda.
- **UNI 11094**: [...] deve essere minore di 5 cm
- Prove a corrente costante
  - 0.3 A/m<sup>2</sup>
  - 1 A/m<sub>2</sub>
  - 3 A/m<sub>2</sub>
  - 10 A/m<sub>2</sub>
- **Soluzione:**  $\rho = 100 \Omega \text{ m}$





# STIMA DISTANZA EQUIVALENTE



## STIMA DISTANZA EQUIVALENTE

Probe	Setto poroso	Distanza ER-coupon	Distanza equivalente	UNI 11094
A	5 cm <sup>2</sup>	< 1 cm	< 0.5 cm	Yes
B	149 cm <sup>2</sup>	< 1 cm	4.5 cm	Yes
C	30 cm <sup>2</sup>	< 1 cm	0.5 -1.5 cm	Yes
D	180 cm <sup>2</sup>	15 – 23 cm	> 15 cm	No
E	40 cm <sup>2</sup>	10 – 15 cm	> 10 cm	No

## CONSIDERAZIONE FINALI

- Non tutte le sonde sono in grado di ridurre in modo efficiente il valore della caduta ohmica
  - Il valore della caduta ohmica aumenta al diminuire del potenziale applicato
- Alcune sonde mostrano errori in fase di progettazione con elevata distanza tra l'elettrodo di riferimento e il provino
- Non tutte le sonde misurano un potenziale conforme alla norma UNI 11094

